Ciencia e Ingeniería
Revista Interdisciplinar de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías.
Año 2017, Julio- Diciembre, Vol. (4) N° (2) ISSN 2389-9484.
Universidad de La Guajira, Facultades de Ciencias Básicas y Aplicadas e Ingeniería.
La Guajira-Colombia.
Revista en Línea http://revistas.uniguajira.edu.co/index.php/cei



DISEÑO Y CÁLCULO DE MÓDULOS PARA EL RESTABLECIMIENTO HIDRODINÁMICO DE LA CIÉNAGA DE MALLORQUÍN

DESIGN AND CALCULATION OF MODULES FOR THE HYDRODYNAMIC REESTABLISHMENT OF THE MALLORQUIN CIENAGA

Jorge Ignacio Rebolledo Colina e Iván Martin León Luna

1Maestría Ciencias Ambientales. Grupo de Investigación Zona Costera. Universidad del Atlántico, Sede Norte. Km 7
jorgeirebolledo@hotmail.com , ileon1964@gmail.com

Recibido: Agosto 15 de 2016 Aceptado: Marzo 20 de 2017

RESUMEN

Para restablecer las condiciones hidrodinámicas de la Ciénaga de Mallorquín (CM) Se presentó el diseño, cálculo y aplicación de un módulo – modelo, denominado (DM2H), compuesto por tuberías de 28" y un caudal promedio de 0,40 a 0,80 m3/s, que cruzaron el tajamar occidental y facilitaron el vertimiento de las aguas procedentes del río Magdalena a la ciénaga; cañerías que fueron calculadas y precedidas por trampas diseñadas y determinadas bajo los principios del modelo simulado HIDROTREND v.3.0 de fuerza hidráulica que determinó una tasa de sedimentación a retirar de 400mg/l, exponiendo los conceptos básicos del modelo, el cual permitió solucionar la problemática hidrológica e hidrodinámica y sedimentológica ambiental en que se encuentra la Ciénaga de Mallorquín (CM) en función de los cambios batimétricos, de los efectos de mareas del Mar Caribe, de la entrada de agua del río Magdalena, de la acción de los vientos, del cálculo, predicción y circulación de las corrientes en la CM. En consecuencia, se presentó el diseño y cálculo de seis módulos hidráulicos, presididos en sus bocas por compuertas de inspección que permitieron controlar el flujo de agua dulce procedente del río Magdalena y de manera secuencial el establecimiento de directrices de rehabilitación, estabilización, conservación, manejo y uso sostenible, y el restablecimiento de los procesos biológicos y químicos en la CM.

Palabras clave: Ciénaga de Mallorquín, (CM), hidrodinámica, Hidráulica, Módulo DM2H, HYDROTREND

ABSTRACT

To restore the hydrodynamic conditions of the Coriana de Mallorquín (CM) The design, calculation and application of a module - model, named (DM2H), composed of 28 "pipes and an average flow of 0.40 to 0.80 was presented. m3 / s, which crossed the western watershed and facilitated the dumping of water from the Magdalena River into the swamp; Pipes that were calculated and preceded by traps designed and determined under the principles of the simulated model HIDROTREND v.3.0 of hydraulic power that determined a sedimentation rate to be removed of 400mg / l, exposing the basic concepts of the model, which allowed to solve the problem hydrological and hydrodynamic and environmental sedimentological conditions in which the Cienaga de Mallorquín (CM) is located, depending on the bathymetric changes, the effects of tides in the Caribbean Sea, the entrance of water from the Magdalena River, the action of the winds, the calculation, prediction and circulation of currents in the CM. Consequently, the design and calculation of six hydraulic modules was presented, presided over in their mouths by inspection gates that allowed controlling the flow of fresh water from the Magdalena River and sequentially the establishment of guidelines for rehabilitation, stabilization, conservation, management and sustainable use, and the restoration of biological and chemical processes in the CM.

Keywords: Mallorquín Marsh, (CM), hydrodynamics, Hydraulics, DM2H Module, HYDROTREND

1. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de los recursos hídricos naturales para sostener los medios de vida de las generaciones futuras estriba en que la humanidad asuma modelos de desarrollo que permitan la convivencia con la naturaleza1. En la actualidad, el aprovechamiento sostenible, gestión y conservación de este tipo de recursos son fundamentales para encarar los retos enmarcados en la agenda ambiental regional. Por estas razones, la modulación hidrodinámica se ha constituido en una herramienta fundamental para alcanzar los objetivos planteados y emprender la búsqueda de una solución integral a los problemas del ecosistema acuático de la ciénaga. En tal sentido, se diseñó y calculó el módulo DM2H el cual planteó una formulación conceptual y realista, fundamentada en la simplificación de los procesos físicos que establecen que todos los modelos hidrodinámicos aplicables a estudios de estuarios, ciénagas y lagunas asocian principios y tratados básicos que relacionan el conocimiento específico a los procesos físicos y a la distribución espacial de las características químicas y biológicas de los diferentes ecosistemas.

La Ciénaga de Mallorquín es una ciénaga costera semicerrada que ha soportado una fuerte presión antrópica y restricciones en las entradas de agua marina y fluviales que han modificado su régimen hidrodinámico. Forma parte de las1.900 lagunas costeras existentes en el país que ocupan más de 7.800 Kilómetros2 en las bajas llanuras costeras del Caribe. Es un ecosistema tropical de alta complejidad, por la dinámica de sus ciclos biogeoquímicos y sus tramas tróficos, que la hacen frágil y vulnerable; pertenece a la cuenca que lleva su mismo nombre con una extensión de 296,2 Km^2 ; constituyendo una franja o cuenca que puede definirse como el espacio físico donde se unen los sistemas terrestres y marinos, comprendidos desde la plataforma oceánica hasta donde llega el efecto de la marea; cuenta con un área de 650 Ha y 0,90 m de profundidad promedio, presenta diferentes características fisiográficas y edafológicas que la establecen y limitan en los 2.250 Km^2 de la llanura aluvial inundable del río Magdalena, albergando 4.500.000 m3 de agua.

No obstante, el propósito fundamental de este trabajo es el diseño y cálculo de módulos modelos para la conducción de aguas del río a la ciénaga y trampas para sedimentos que permitan el restablecimiento hidrodinámico perdido en la Ciénaga de Mallorquín, con la construcción del tajamar occidental. Separación que causó aislamiento, corrientes débiles, evaporación, descomposición y desecamiento de aguas al interior de la misma; además de ciertos efectos colaterales, tales como retención y acumulación de material acrílico, materia orgánica, elementos químico-tóxicos y contaminantes como: fósforo, plomo y mercurio8 que provocaron cambios considerables en la composición de sus aguas, sedimentos y fauna bentónica (Medina, 2009).

La Ciénaga de Mallorquín se encuentra localizada en la zona norte del departamento del Atlántico entre los 11º 05’ 55’’-08’ 54’’ N y 74º 51’00’’-53’ 28’’ W. Se comunica al Norte con el mar Caribe a través de una barra de arena; al Sur limita con la carretera que comunica el corregimiento de La Playa con el barrio Las Flores; al Oriente con el Río Magdalena y el tajamar occidental; y al Occidente con la desembocadura del arroyo León (Marín, 2000).. Es un ecosistema costero tropical, de sustrato predominante arenoso-fangoso; que presenta un clima muy seco tropical dividido en dos breves períodos: de enero a abril y de julio a agosto, y un período de lluvias de septiembre a diciembre. Además de los anteriores períodos de lluvias el ecosistema recibe aguas

provenientes del Arroyo León y agua salada del Mar Caribe a través de una barra de arena.

Se analizaron circunstancias que revelaron situaciones anómalas propiciadas por factores ajenos a su desarrollo y comportamiento natural, como los asentamientos humanos y la conurbación en los barrios Las Flores y La Playa (30.000 habitantes), que utilizan la ciénaga como reservorio de vertimientos de lixiviados producidos por el basurero de las Flores y el impacto ocasionado por las actividades antropogénicas que se desarrollan en la cuenca.

2. METODOLOGÍA

BATIMETRÍA

La batimetría se realizó in situ en febrero de 2012, utilizando el método de Wrigh; donde se llevaron a cabo recorridos en dos sentidos o transeptos (horizontal y vertical) en los que se midieron distancias, profundidades y alturas con nivel, miras, tránsito y sonda; tomando la posición de cada punto mediante el sistema GPS; esta información permitió determinar la configuración del relieve de fondo, el perfil, área y profundidades en las orillas (0.40 m.) o zonas fóticas.

ASPECTOS HIDROBIOLÓGICOS

Los aspectos hidrobiológicos se dedujeron de unas investigaciones donde se analizaron y consideraron los aspectos hidrobiológicos más relevantes de la CM. (Pino et al., 2007, León et al.,2007) .Los análisis hidrobiológicos mostraron que la calidad del agua de la ciénaga fue seriamente afectada por las acciones antrópicas, por las entradas de nutrientes inorgánicos en magnitudes alarmantes, específicamente de fósforo (mg/L. 0,27) nitrógeno (mg/L. 0,57) y nitrato total (mg/L. 1,91) causantes del fenómeno de eutroficación.

ASPECTOS SEDIMENTOLÓGICOS

Para analizar los aspectos sedimentológicos se consideraron unos trabajos donde se generó y constituyó una línea base al analizar las concentraciones en sedimentos de Zinc, Cadmio y Cobre, los cuales revelaron que las mayores concentraciones de metales se presentaron en el antiguo botadero de basuras de Las Flores, debido a las descargas naturales o antropogénicas, y donde las variables de sólidos en suspensión evidenciaron una tasa de sedimentación alta para la CM, que fluctuó de 2.0479,94 (mg/L) a 4.8716,39 (mg/L) en 2008 (León et al.,2007, Cotes, León et al.,2007).

ASPECTOS Y PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS

Para establecer la variabilidad de los aspectos y parámetros climatológicos fue necesario procesar la información hidroclimatológica inquirida, la determinación de las características morfométricas y el régimen de caudales medios y máximos a nivel de subcuencas. En su estudio y análisis se consideró la información sobre las condiciones climatológicas clasificadas (IDEAM, 2010). No obstante, la información básica

comprendió los parámetros climatológicos sobre lluvias de las estaciones Aeropuerto Ernesto Cortissoz, Las Flores y Base Naval.

Las precipitaciones variaron entre los 650 mm hacia la parte más norte y los 1.100 mm hacia el costado sur donde se hizo más notoria la influencia de los vientos alisios, primer semestre del 2008; durante este semestre la variación interanual se caracterizó por presentar tres períodos lluviosos, así: un período entre septiembre y noviembre en el que se recibió el 54,2% de las lluvias totales del año, equivalente a 440 mm/año hacia la franja costera de Puerto Colombia, precipitaciones que bajaron a valores de 340 mm/año en la parte sur de la cuenca y un período seco entre diciembre y abril donde las lluvias representaron el 6,9%.

Para el año 2008 las mayores precipitaciones se registraron en diciembre en la estación de Puerto Colombia con lluvias superiores a los 400 mm al mes y un período de transición entre mayo y agosto, ciclo en el que se recibió el 39% del total anual de lluvias registradas en la estación Las Flores con 252 mm (IDEAM,2010).

ASPECTOS GEOQUÍMICOS

Con la geoquímica se estudiaron las características texturales de la ciénaga, los efectos de los procesos químicos naturales o antrópicos del medioambiente de la ciénaga; el aterramiento, relleno compuesto por materiales estériles ricos en minerales reactivos. Se estudiaron los gradientes, tanto de la fracción fina (fango, menor de 0,062 mm), como los fragmentos de arena gruesa y las partículas de aspecto geoquímico de carbono orgánico. (Figura 1).

TIEMPO DE RESIDENCIA DE LAS AGUAS EN LA CM

Con miras a conocer el tiempo de residencia del agua en la CM, se realizó el cálculo del prisma de marea, proceso que consistió en suponer que el agua que entra en el flujo de la marea se encuentra completamente mezclada con la que se encuentra dentro.

$$P = (Vma - Vmb) \quad (1)$$

Donde P = Prisma de marea, Vma = Volumen de la CM en pleamar media superior y Vmb = Volumen de la CM en bajamar media inferior.
Si V es el volumen en bajamar y P es el volumen intermareal (prisma de marea) entonces el tiempo de residencia en ciclos de marea es:

$$T= (V + P) /P \quad (2)$$

Donde T = Tiempo de residencia, V = Volumen de la ciénaga (BMI) y P = Prisma de marea.
El tiempo estimado fue de 1.825 días, equivalente a cinco años, componente que se manejó bajo la formulación:

$$TW = V/QS \quad (3)$$

Donde T, Tiempo de residencia y (S) volumen de la ciénaga (m3) sobre el caudal de salida (m3/S), para establecer el balance hídrico de la CM, se emplearon las siguientes

variables meteorológicas: precipitación efectiva, Pe =(mm/día).y Caudal medio: Donde Q =(m3/día).

$$Q = Pe \times A \quad (4)$$

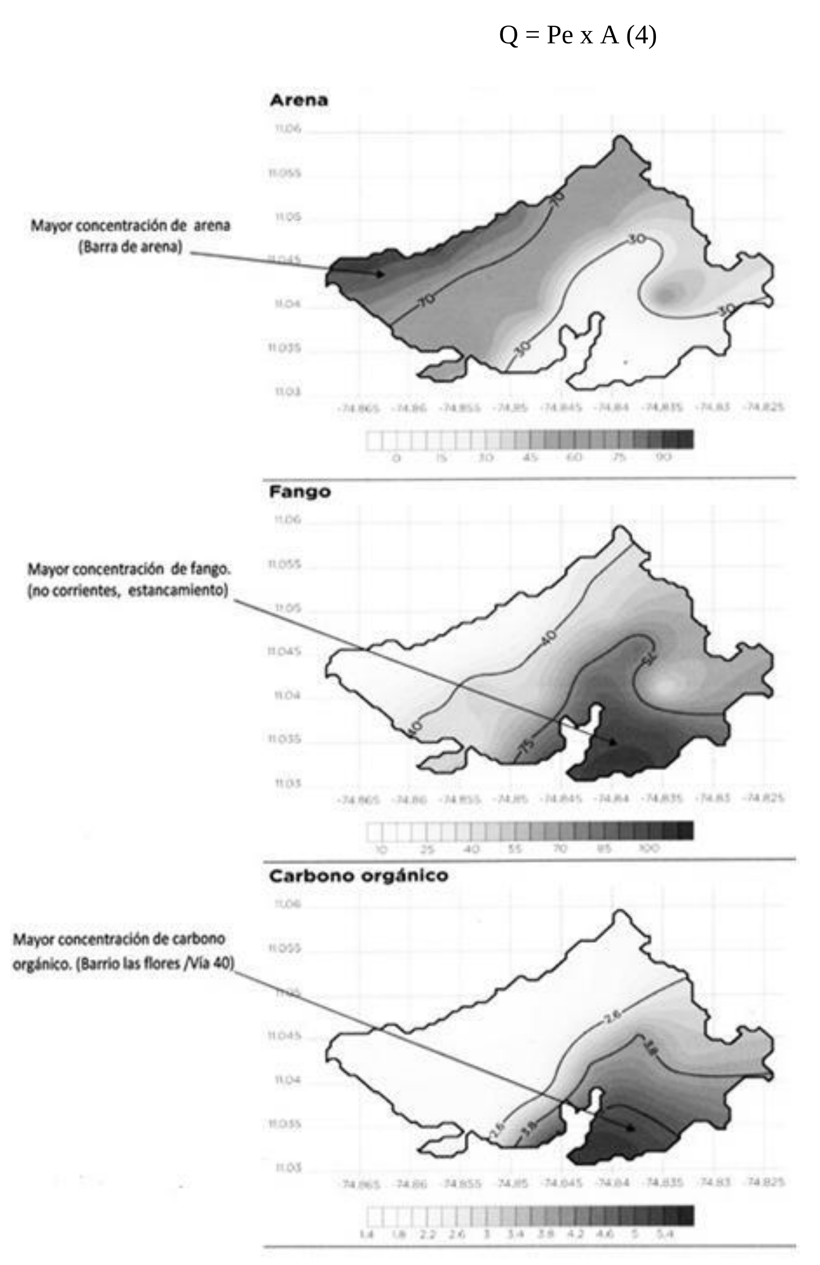


Figura1.Características texturales y geoquímicas.

Para evaluar la evapotranspiración de la ciénaga se utilizó el método de Penman, expresada de la siguiente manera:

$$Eto = c*(W*Rn + (1-W)* f(u) * (ea-ed)) \quad (5)$$

Eto = 5,255273 mm.

Para estimar Los resultados sobre la evaporación en la CM, se consideró la información de las estaciones de Las Flores y el aeropuerto que presentaron valores de evaporación

diaria de más de 100 mm (2012); de evaporación media anual de 2.150 mm sobre la franja costera y de 1.915 mm, en la zona del aeropuerto.

MODULACIÓN HIDRÁULICA

La modulación de la CM se realizó al establecerse como base los procesos edafológicos, sus características fisicoquímicas y biológicas; se evaluaron las variables físicas y químicas, caudales medios y máximos de aguas fluviales, de lluvia, arroyos y corrientes dominantes al interior de la ciénaga; se consideraron además, variables axiomáticas como: mareas, oleajes, corrientes y vientos; estudios que permitieron que el módulo hidráulico DM2H tuviese una articulación y desarrollo practico en el campo científico y se crearan las bases para una correcta planeación de obras de infraestructuras.(in situ y laboratorio).

BALANCE HÍDRICO

Establecidos los anteriores parámetros se determinó el balance hídrico con la aplicación de la fórmula

$$AS = P + Qag + Qt + Qv - E \quad (6)$$

Donde AS, = 2,198.001 mm y se consideraron como entradas la precipitación media mensual, las aguas de lluvias, aguas subterráneas, aguas del arroyo León y como salidas, las infiltraciones las escorrentías la evaporación y la evapotranspiración, con el fin de predecir la pérdida del volumen de agua.

Además, se cuantificaron las variaciones del volumen de agua de la ciénaga para determinar el tiempo de llenado, tiempo de residencia y volumen de agua de la ciénaga sobre períodos mensuales y anuales, componentes sistémicos para la conformación del módulo hidráulico DM2H (Diseño y Modelación de Módulo Hidráulico).

TASA DE TRANSPORTACIÓN DE SEDIMENTOS

Para estimar la tasa de sedimentos por marea que ingresó a la Ciénaga (2012), se valoró la capacidad del flujo y reflujo y la fusión de los modelos DM2H y el HYDROTRENDv.3.0, modelo bidimensional de Kettner & Syvitski (2008); más la valoración de la sedimentación transportada por el río Magdalena, establecida en 400mg/l.9 Modelos integrales que revelaron cálculos que permitieron remediar el comportamiento sedimentológico de la Ciénaga de Mallorquín, obteniéndose resultados mensuales de transportación de sedimentos flotantes y otras sustancias de 382,25 m3/s y un ingreso anual de 4.587 m3/s.

Al igual que la mayoría de modelos para sedimentos, HYDROTREND se basó en la ecuación estándar que relaciona la concentración de sedimentos (masa de sedimentos / volumen de agua) y la descarga de agua del río (volumen de agua/tiempo):

$$Cs = a\,Qb \quad (7)$$

Donde Cs es la concentración de sedimentos en el agua (kg/m3), Q es el caudal de agua del río (m3/s), y a y b son los coeficientes que los relacionan. El coeficiente a indica la

cantidad de sedimento por unidad de agua descargada y el exponente indica la pendiente de la línea que relaciona Cs y Q es decir que a es una concentración base y b una relación de crecimiento.

VIENTOS

Para estimar los vientos, sus direcciones y velocidades sobre los flujos y caudales de las corrientes en la CM se utilizaron una veleta y un anemómetro DT- 8894 con el fin de medir la dirección y velocidad del viento; (ensayado in situ). La dirección y velocidad de los vientos en la CM mostraron entre 14 y 16 nudos; (2012) con dirección noreste, resultantes de los Alisios; de igual manera y bajo parámetros similares se obtuvieron resultados de las estaciones entre diciembre y abril, estimándose vientos entre 12 y 16 nudos.

Para la estación comprendida entre mayo y junio se presentó ausencia de vientos; no así para la estación entre junio y julio que se caracterizó por un considerable aumento de los vientos que oscilaron entre 12 y 15 nudos; y para la estación de agosto y diciembre la velocidad de los vientos fluctuó entre 14 y 17 nudos, alcanzando algunas veces velocidades de 35 nudos entre diciembre y enero (DIMAR, 2008).

SENTIDO Y VELOCIDAD DE CORRIENTES

El sentido y velocidad de las corrientes se inquirió recurriendo a un anemómetro de molinete y un flujómetro unidireccional, (MAGFLO de conductancia 2 µS/CM2) el cual se colocó en la boca de un tubo de 28 pulgas, que permitió la entrada de agua del río a la ciénaga a una profundidad de 0,60 m y la ayuda de cuerpos de deriva (flotadores de espuma de ICOPOR), poliestireno expandido. (C8 H8) n. (2012)

En la Ciénaga de Mallorquín, la dirección y velocidad de las corrientes se valuaron in situ, lo que reveló la existencia de corrientes lentas, con velocidades de 0.50 y 1mt/s y cierta ausencia de vientos entre mayo y junio, corrientes que en periodos de lluvia alcanzaron una velocidad de 1.5 nudos aproximadamente, entre junio y julio; corrientes que debido a los vientos, aumentaron de velocidad entre de agosto y diciembre; donde la velocidad de fluctuó entre 1.30 m y 1.80 m/s, para luego bajar a 1.50 m/s.

VOLUMEN DE AGUA DULCE REQUERIDO

Para cuantificar el volumen de agua requerido por la ciénaga se empleó la formula (6) AS = P + Qag + Qt – E (balance de la ciénaga) sobre periodos mensuales, (se elaboraron tablas y hojas electrónicas) donde se consideraron los días lluviosos, duración en minutos y caudal medio de la cuenca en (m3/día) con miras a obtener los resultados totales del mes. (Para estas cuantificaciones se tomó como base el mes de octubre). Que presentó como volumen requerido 9.750.000m3

MÓDULOS

Para el diseño y cálculo de los módulos se tuvo en cuenta el balance, el volumen requerido, el área media de la ciénaga, el tiempo de llenado, la diferencia de niveles entre río y ciénaga (1.00mts) la velocidad del río en la orilla, el esfuerzo cortante de las corrientes del río, la velocidad mínima, los días y la intensidad de las lluvias por mes, la

duración media de la lluvia, el volumen mensual total y el caudal de las tuberías componentes del módulo.

se evaluaron las variables físicas y químicas, se integraron los requerimientos de resolución que presentó la CM, tales como descargas, caudales medios y máximos de aguas fluviales, arroyos y corrientes dominantes al interior de la ciénaga y se analizaron los procesos edafológicos y sedimentológicos, sus características fisicoquímicas, biológicas y evolutivas.

Se estimó la variabilidad temporal y espacial que se registró en el ecosistema, las condiciones hidrológicas; se calculó el balance hídrico, proceso evaluado con base en su relación íntima con el ciclo hidrológico, se estimaron las distintas entradas escorrentías, aguas subterráneas, evaporación, aguas superficiales e infiltraciones y se adicionaron los cálculos de la evaporación y evapotranspiración, variables que permitieron conocer el volumen de agua perdido por efecto de intensos veranos. Figura 2. y Figuras 3 - 4 - 5 - 6.

TRAMPA PARA LA ELIMINACIÓN DE SEDIMENTOS

Las trampas para eliminación de sedimentos que preceden a cada módulo se diseñaron y evaluaron tomando como base los estudios e investigaciones sobre sedimentos en el río Magdalena, que determinó por análisis una concentración de sedimentos en suspensión de 400 mg/l en el río.

Con base en estos fundamentos se aplicó el modelo HYDROTREND v.3.0 y se realizaron proyecciones y cálculos sobre un área de 650 hectáreas (6,5 Kilómetros2) en la ciénaga con una profundidad de (1.50 m ó 1.500 mm), (2012), que establecieron la trampa tipo; equivalente a una parcela de 10 m x 7 m = 70 m2 y flujos de 0,45 y 0,90 m3/s que mostró el asentamiento de una capa de sedimento de 0,014mm/mes de espesor en el fondo de la batea de cada módulo, cálculos que establecieron un retiro de sedimento anual de 0.168 mm. Figura 2. y Figuras 3 - 4 y 5 - 6.

MÓDULO HIDRÁULICO Y TRAMPA DE SEDIMENTOS

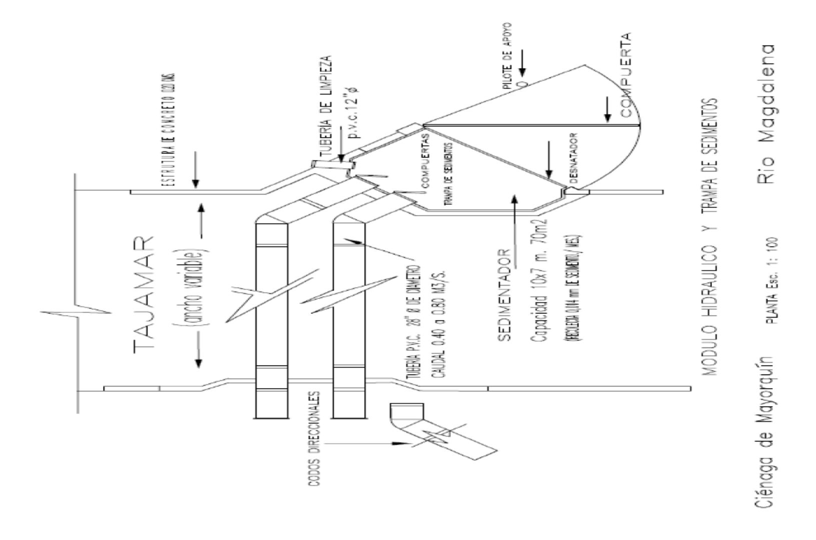
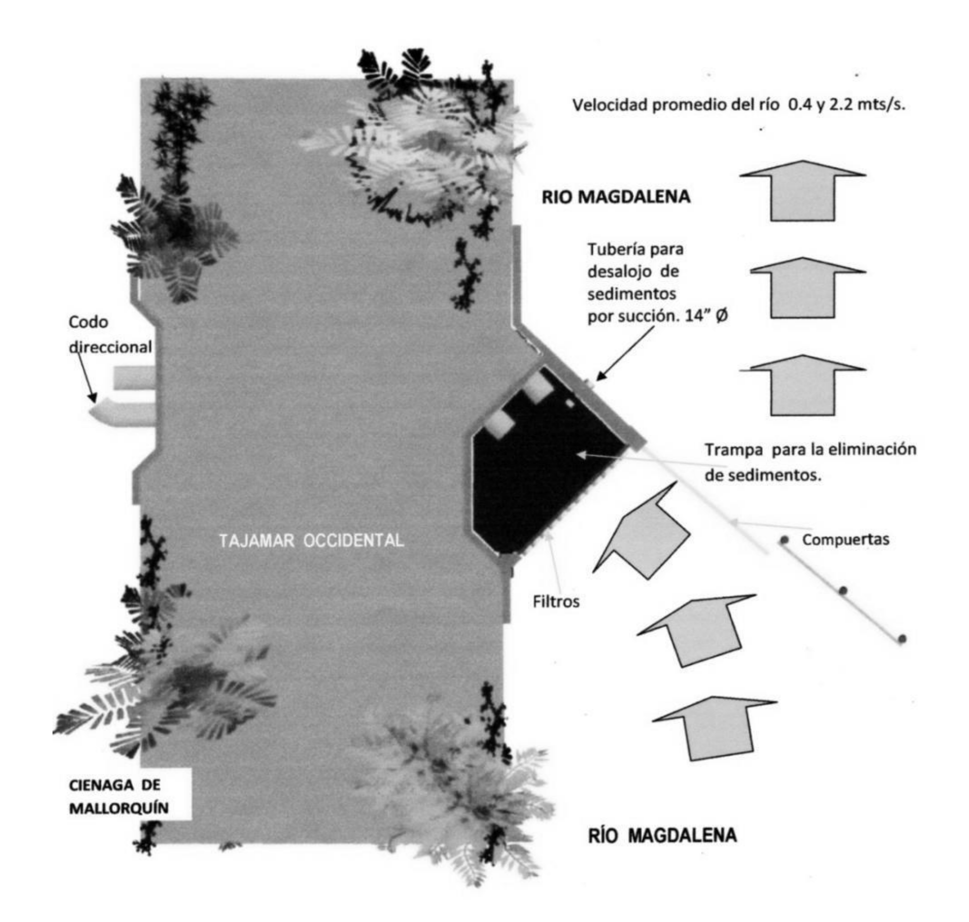


Figura 2. Módulo compuesto por batería de dos tubos de 28"Ø (caudal de 0.40 a 0.80 m3 /s) y una trampa para sedimentos de 70 m2 y profundidad de 1,40 m. **16**



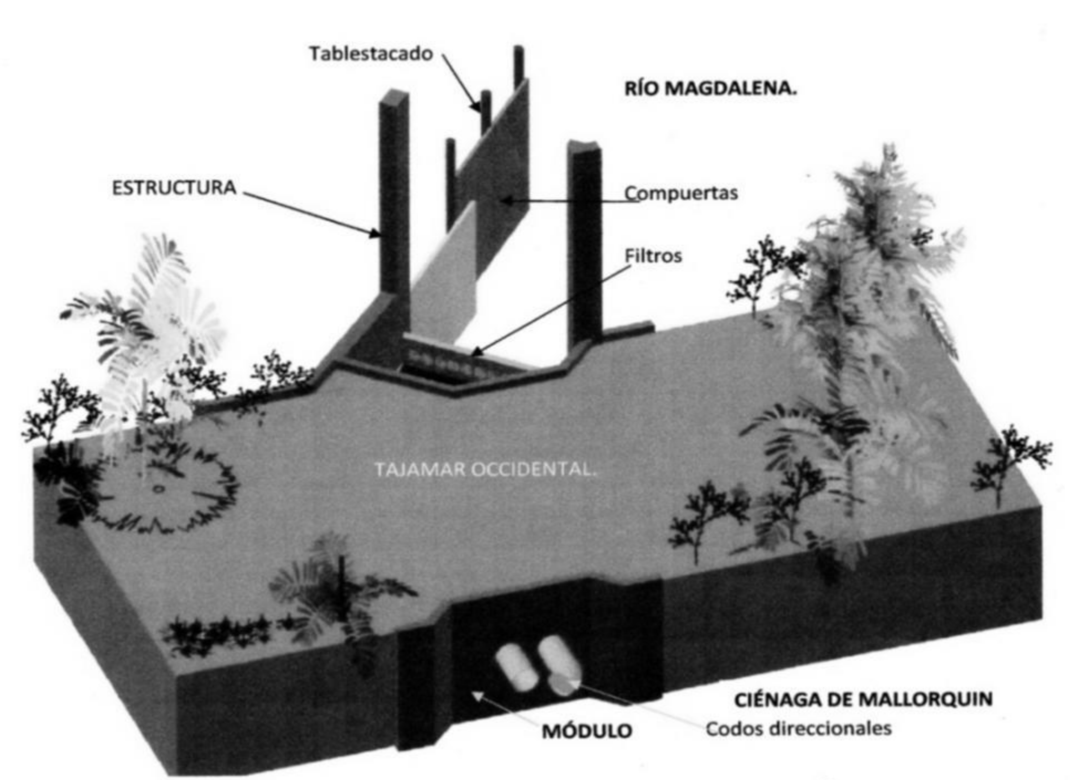


Figura 3– 4. Modelo DM2H Módulo diseñado y calculado para el restablecimiento hidrodinámico de la Ciénaga de Mallorquín. **16**

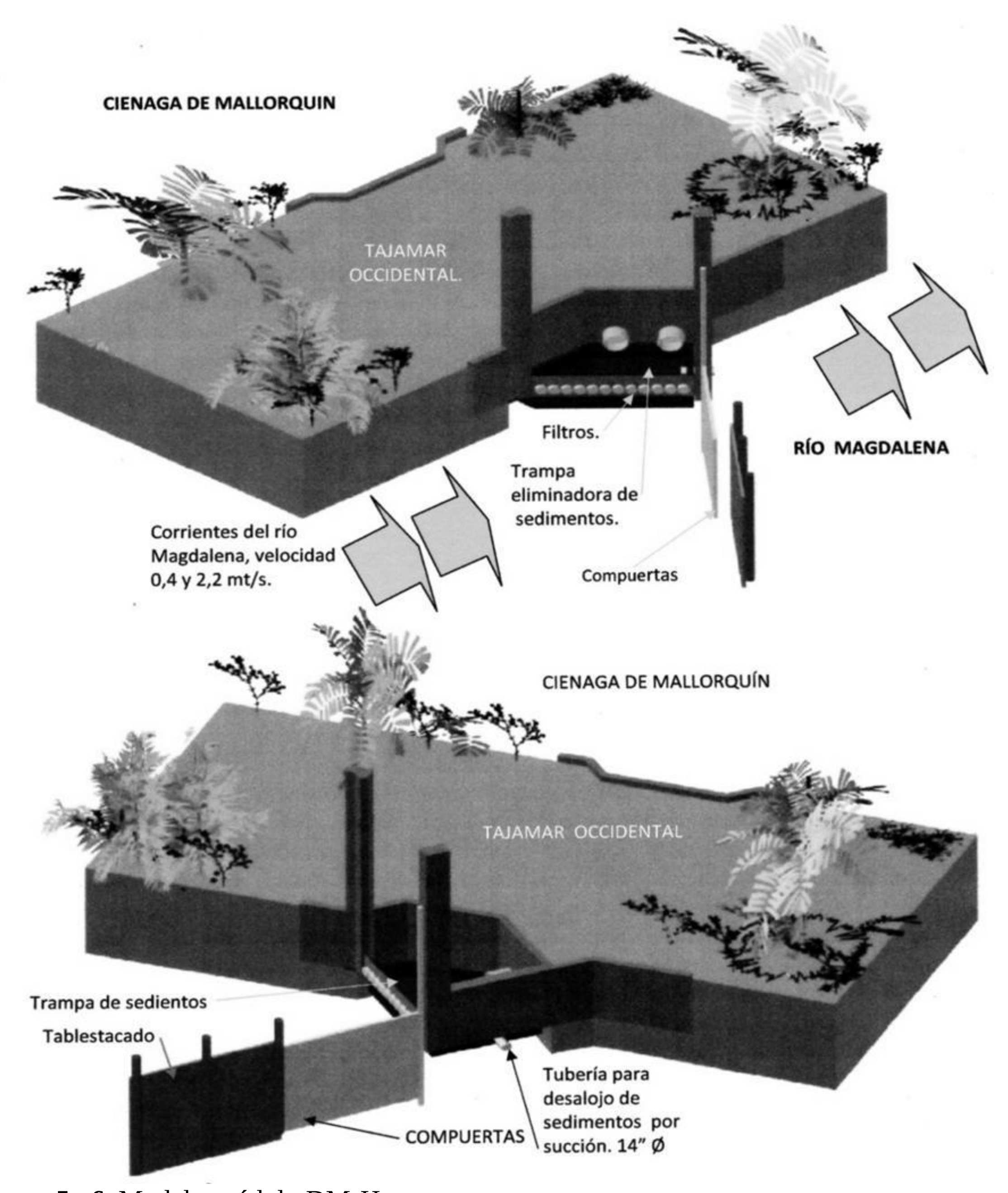


Figura 5– 6. Modelo-módulo DM2H. **16**

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizados y valorados los datos disponibles del modelo DM2H que se aplicó bajo los criterios de: importancia dinámica, información representativa y capacidad de validación de deducidos con datos de campo, se lograron los siguientes resultados:

- Una evaporación directa de la ciénaga de 171 mm; una evapotranspiración diaria de 48 mm; E media: 161 mm y E máxima: 192 mm.
- Una precipitación media efectiva de 70 mm.
- Un aporte mensual del río Magdalena a través de las tuberías en 2.149,035 mm y el tiempo de residencia bajo condiciones actuales en 1.825 días; (5 años)
- El aporte mensual del arroyo León, presentó sus mayores precipitaciones en septiembre con 5.308,16 mm; y un caudal medio en octubre estimado en 4,9 m3/s, con miras a establecer el balance anual de la ciénaga, (18.815,64 mm).

- e. El balance hídrico (As) medio, con aportes del río: 1.568 mm y el balance hídrico (As) medio sin aportes del río: 90 mm.
- f. El balance hídrico de la ciénaga se concretó en 2.198,001 mm (mes de octubre).
- g. La precipitación de marzo y noviembre, meses seleccionados como de mayores lluvias (76 días/año) revelaron un promedio de duración total de 45 minutos; y un tiempo de duración media de lluvia de 11.6 minutos en el en mes de octubre; lo que posibilitó la entrada de un volumen total de aguas de lluvias de 6.429.825 m3, en el año. (857.31 mm/año).
- h. El paso de las aguas del río a la ciénaga se estableció en un promedio mensual de 4,8 m3/s, por el incremento en el número de módulos, (seis en total) al igual que el aumento en 12 unidades de las cañerías que permitirán el paso de las aguas del río a la ciénaga.

Los anteriores estudios realizados sobre la CM, permitieron alcanzar resultados concluyentes como el balance hídrico, que se estimó en 2.198,001 mm; (2012) y deducir el tiempo de llenado de la ciénaga en 12 días promedio; deducciones que concretaron el volumen requerido en 9.750.000m3, al tomarse como datos referenciales el volumen de la CM, estimado en 4.500.000 m3 (2012) y el volumen de agua perdido en 5.250.000 m3 por evaporación, evapotranspiración y alteraciones en el sistema climático regional.

CONCLUSIONES

Este estudio específico sobre la aplicación del modulo-modelo hidrodinámico DM2H en la Ciénaga de Mallorquín implicó un acuerdo con las connotaciones evolutivas del término análisis; se articularon los elementos diferenciados en el proceso analítico y se establecieron unas conclusiones estructuradas y significativas que revelaron las particularidades del modelo.

El modelo mostró que los niveles de bajamar media inferior en gran parte de la ciénaga (0.90 m), fueron muy bajos para la realización de la actividad pesquera artesanal.

El tiempo de residencia de las aguas en la ciénaga fue de cinco años, lo que permitió identificarla como un cuerpo costero poco dinámico con un tiempo de recambio muy largo.

Para la Ciénaga de Mallorquín el hecho de contar con corrientes muy pequeñas y deleznables en la parte somera determinó de manera indirecta que los azolvamientos que se dieron en estas zonas con presencia de sedimentos fangosos cohesivos, finos y microorganismos presentes, implicaron a la CM en un proceso de contaminación en los componentes agua, suelo y biota; los cuales revelaron presencia de metales pesados, bioacumulación en la hidrobiota de la ciénaga y representación microbiológica en sus aguas y sedimentos.

BIBLIOGRAFÍA

CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS – CIOH. 2008. Dirección General Marítima de Investigaciones Oceanográficas, DIMAR, 2008. Caracterización Geomorfológica Preliminar, sector Ciénaga de Mallorquín.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO – CRA. 2007.Conservación de la cuenca hidrográfica de los arroyos Grande y León y Ciénaga de Mallorquín. Informe Barranquilla.}

CONSERVACIÓN INTERNACIONAL COLOMBIA (CIOH) 2010. IDEAM, DIMAR,UNINORTE - INVEMAR CORMAGDALENA, 2010. “Convenio Marco de Cooperación”.

Cotes Pinedo, Danilo; Roa Melgarejo, Osman; Solano Redondo, Luis. 2007. Parámetros Fisicoquímicos y Características del Sedimento presente en la Ciénaga de Mallorquín. Universidad del Atlántico. Limnología. Barranquilla,

DANE. Censo general. Mayo 22 de 2005.

Franco F. Alejandro y LUNA LEÓN, Iván. Geoquímica y Concentración de metales pesados en un organismo d interés comercial (Carbula Aribaca D´oribigny, 1842) en la zona submareal superficial de la Ciénaga de Mallorquín. Atlántico Coastal Lagoon. Boletín Científico CIOH No 28, ISSN0120-0542, 66-80 (2011).

Medina Mazariego Camilo 2009.Evaluación Ambiental de las Micro cuencas de los Modelos Numéricos y Teledetección en el lago de Izabal, Guatemala,

IDEAM, 2008 “Contribución al conocimiento de las características medioambientales de la Ciénaga de Mallorquín,.”

Kettner, A. Y Syvitski, J. 2008.Hydro Trend version 3.0: a Climate-Driven Hydrological Transport Model that Simulates Discharge and Sediment Load leaving a River System. Computers & Geosciences. 34(10), 1170-1183,

León, Iván et al. 2007. Parámetros Fisicoquímicos y Características Del Sedimento Presente en la Ciénaga de Mallorquín. Universidad del Atlántico, 6 p,.Universidad del Norte, 2008. Estudios para determinar el comportamiento de la Ciénaga de Mallorquín al recibir el agua procedente del Río Magdalenaa través del Tajamar Occidental. Centro de consultoría y servicios, B/quilla, 56p.

Marín Zambrano, Bienvenido. (Informe) Estado de los Estuarios y Lagunas Costeras en Colombia 2000. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras de Punta Betín. INVEMAR. ISBN: 9589697267 v. p. 36.

Morgado Gutierrez Wendy, 2008.Evolución ambiental de las “Lagunas
Costeras del Departamento del Atlántico”. Revista. ISSN: 0122 – 6517
Ed.: Editorial Mejoras. V. 4 fasc. /A p.35 –

Pino, Juan Carlos et al. 2007. Restauración Ambiental del Complejo de Humedales Mallorquín – Manatíes (Fase I). Informe Mallorquín. Atlántico.